Научный журнал «Костюмология» / Journal of Clothing Science https://kostumologiya.ru

2024, Том 9, № 1 / 2024, Vol. 9, Iss. 1 https://kostumologiya.ru/issue-1-2024.html

URL статьи: https://kostumologiya.ru/PDF/03TLKL124.pdf

2.6.16. Технология производства изделий текстильной и легкой промышленности (технические науки)

Ссылка для цитирования этой статьи:
Гетманцева, В. В. Аддитивные технологии в производстве спортивной экипировки / В. В. Гетманцева, Ю. Д. Шахматова, М. А. Гусева // Костюмология. — 2024. — Т. 9. — № 1. — URL: https://kostumologiya.ru/PDF/03TLKL124.pdf

For citation:
Getmantseva V.V., Shakhmatova Yu.D., Guseva M.A. Additive technologies in the production of sports equipment. *Journal of Clothing Science*. 2024; 9(1): 03TLKL124. Available at: https://kostumologiya.ru/PDF/03TLKL124.pdf. (In Russ., abstract in Eng.)

УДК 685.6

Гетманцева Варвара Владимировна
ФГБОУ ВО «Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва, Россия
Профессор
Доктор технических наук, профессор
E-mail: getmantseva@inbox.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0441-3198
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=540375
WoS: https://www.webofscience.com/wos/author/rid/AAA-5313-2021
SCOPUS: https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=55155482100

Шахматова Юлия Дмитриевна
ФГБОУ ВО «Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва, Россия
Аспирант
E-mail: a89672439908@mail.ru
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1073855

Гусева Марина Анатольевна
ФГБОУ ВО «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), Москва, Россия
Доцент
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: guseva_marina67@mail.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3491-6132
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=829347
SCOPUS: https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57197843104

Аддитивные технологии в производстве спортивной экипировки

Аннотация. В статье рассматривается применение аддитивных технологий в производстве защитных экипировок для различных видов спорта. Основное преимущество аддитивного производства заключается в использовании новых материалов и прогрессивных технических решений в изделиях для спорта, что сказывается на повышении конкурентоспособности продукции и сокращении сроков производства. На основе анализа инноваций в техническом оснащении производственных мощностей предприятий,

специализирующихся на изготовлении спортивного инвентаря, авторами сделан вывод об актуальности широкого внедрения аддитивных технологий.

Недостаточность распространения аддитивных технологий в производстве спортивных экипировок в настоящее время объясняется высокой специфичностью и эксклюзивностью проектируемых изделий. В современном спорте разница между победой и поражением измеряется в миллисекундах, и часто зависит от особенностей экипировки спортсмена, поэтому аддитивное производство, будет активно внедряться.

В статье рассмотрен опыт использования аддитивных технологий в производстве спортивной экипировки, проанализировано влияние новой технологии на качество и свойства конечного продукта, преимущества и недостатки исследуемого подхода. Анализ актуальности и перспектив развития аддитивных технологий в спортивной экипировке проведен на основе системного обзора научных статей и публикаций. Авторами обобщен общемировой опыт и особенности изготовления спортивных изделий способом трехмерной печати, проанализированы свойства используемых материалов, качественные характеристики конечного изделия и экспертное мнение о функционале спортивной экипировки, выполненной 3D-печатью.

Установлено, что производство персонализированной защитной спортивной экипировки, изготовленной с использованием аддитивных технологий, представляет собой перспективное направление, реализация которого направлена на решение комплексных проблем качества средств индивидуальной защиты спортсменов, что особенно актуально для неконкурентных и социальных видов спортивной деятельности. Применение аддитивных технологий в проектировании дает возможность прогнозировать и регулировать характеристики персонализированных спортивных изделий, что позволит целенаправленно влиять на результативность спортивного мероприятия, а также на комфорт и самоощущения спортсменов.

Ключевые слова: спортивная экипировка; 3D-печать; аддитивные технологии; трехмерная печать; одежда для спортивных тренировок; функциональная одежда; защитная экипировка

Введение

Изготовление высококачественной спортивной экипировки — одна из основных задач, стоящих перед производителями спортивной одежды и оборудования [1]. В последние годы, с появлением новых технологий, таких как аддитивное производство (additive manufacturing, АП), стало возможным создание сложных и функционально точных образцов изделий. На фоне распространения АП в различных отраслях промышленности, возрастает его роль и в области производства спортивной экипировки [2]. Аддитивные технологии (additive technologies, AT) играют ключевую роль в современной спортивной индустрии, предоставляя проектировщикам уникальные возможности для создания продукта повышенной комфортности, способного обеспечить индивидуальный подход и целенаправленно формировать условия тренировок для спортсменов [3]. В представляемом исследовании рассмотрены новейшие аддитивные технологии, использующиеся в производстве спортивных экипировок, рассмотрено влияние АТ на качество и свойства изделий, преимущества и недостатки.

Методы и материалы

Исследование вопросов актуальности и перспектив использования аддитивных технологий в спортивной экипировке проведено на основе системного обзора научных статей

и публикаций [4–6], посвященных рассматриваемому вопросу. Изучены подходы к созданию спортивных изделий методом трехмерной печати, особенности изготовления, свойства используемых материалов, проанализированы качественные характеристики конечных изделий и экспертное мнение о функционале спортивной экипировки, выполненной с использованием технологии печати.

Обзор опыта использования аддитивных технологий при производстве спортивной экипировки

Применение аддитивного производства экипировок началось с автоспорта, а затем распространилось на другие виды состязаний. В контексте олимпийских видов спорта, одним из ранних примеров использования additive technologies в производстве средств защиты является экипировка для велосипедной команды Великобритании на Олимпийских и Паралимпийских играх 2012 года в Лондоне. Фирмой Crux Product Design для команды Великобритании созданы уникальные шлемы нового уровня комфорта и безопасности, обладающие улучшенной аэродинамикой. В производстве шлемов применена 3D-печать, причем изделия выполнялись персонально для каждого члена олимпийской команды велосипедистов. Индивидуально изготовленные шлемы не только обладали техническими и технологическими преимуществами, но также давали велосипедистам значительное психологическое превосходство перед соперниками. Это влияние было настолько значительным, что многие другие национальные велосипедные команды были вынуждены приложить значительные усилия в направлении аналогичных исследований и разработок с целью достижения похожих результатов для своих спортсменов [7].

По итогам успешного сотрудничества с Crux Product Design на Олимпийских играх 2012 года, Английский Институт Спорта предложил спортсменам развитие взаимодействия с фирмой, что выразилось в изменении дизайна спортивного снаряжения для Олимпийских игр 2016 года в Рио. В этом контексте, впервые были представлены новые рули для велосипедов, созданные 3D-печатью. Федерация Велосипедного Спорта Франции совместно с компаниями Erpro & Sprint и GIE S2A разработала специальные рули для семи спортсменов команды (рис. 1 а). Напечатанные рули обладали высокой жесткостью и малой массой, что способствовало снижению веса велосипедов. Благодаря инновационным рулям, велосипедисты смогли развить на трассе Олимпиады максимальную скорость — около 80 км/ч. Такие достижения, как победы французского велосипедиста Томаса Буда на гонке в Италии в 2016 году и рекордное время, установленное британским велосипедистом Брэдли Уиггинсом в Лондоне, можно частично отнести к использованию рулей, индивидуально изготовленных 3D-печатью.

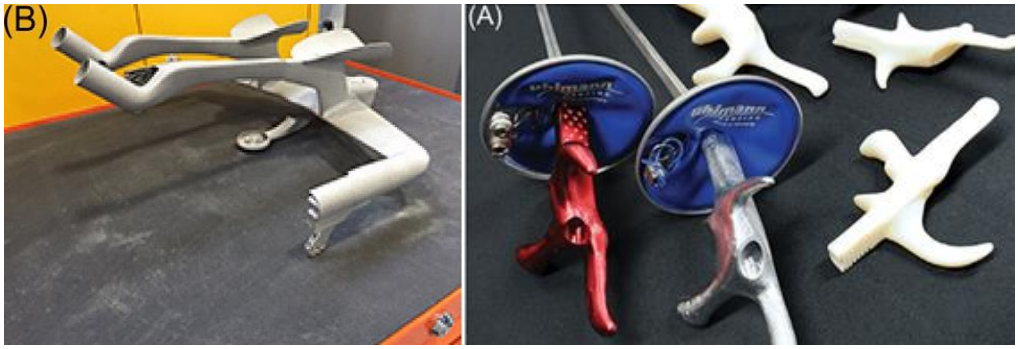

Рисунок 1. *Элементы спортивного инвентаря, изготовленные с использованием 3D-печати: b) велосипедный руль, a) рукоять для фехтовальных рапир [8]*

Удачные решения в области автоспорта на фоне стремительного внедрения аддитивных технологий в целом в промышленное производство, способствовали дальнейшему развитию индустрии «напечатанных» элементов спортивных изделий. Так, в секции фехтования Университета Цукуба (University of Tsukuba) использована 3D-печать для разработки персонализированных, нескользящих рукояток для фехтовальных рапир (рис. 1 б). В Университете Бата (University of Bath) созданы функциональные 3D-печатные головки клюшек для лакросса. Компания StringKing (Калифорния, США) успешно применила аддитивное производство в производстве сеток для лакроссных клюшек, чем завоевала обширную долю рынка, конкурируя с ведущими производителями, такими как, STX и Warrior/Brine. Компания Cascade, лидер в производстве шлемов и масок для игры в лакросс, также использует 3D-печать, выпуская надежные и высококачественные изделия.

Интересен опыт внедрения аддитивных технологий в производство экипировки для водных видов спорта, итог — придание спортивной экипировке индивидуализации и интеграция новых функций. Известны изделия для серфинга от австралийской компании Disrupt — технологически усовершенствованные 3D-напечатанные серфборды, оснащенные инновационными улучшениями, такими как персонализированный рисунок, встроенный iPad, датчики отслеживания эффективности и проводное зарядное устройство.

Наряду с улучшенным функционалом и хорошими защитными характеристиками «напечатанные» спортивные изделия представляют собой и перспективные решения, как экологичного продукта. В этом ключе можно отметить первый в мире 3D-напечатанный серфборд «Dolphin Board of Awesome», изготовленный из гидрофобного материала (на основе водорослей), поддающегося переработке и способного разлагаться в почве. Путем интеграции биомиметических принципов, черпаемых из наблюдений за дельфинами и другими морскими существами, производители серфборда «Dolphin Board of Awesome» заложили в его устройство улучшенную маневренность, превосходящую традиционные возможности и долговечность.

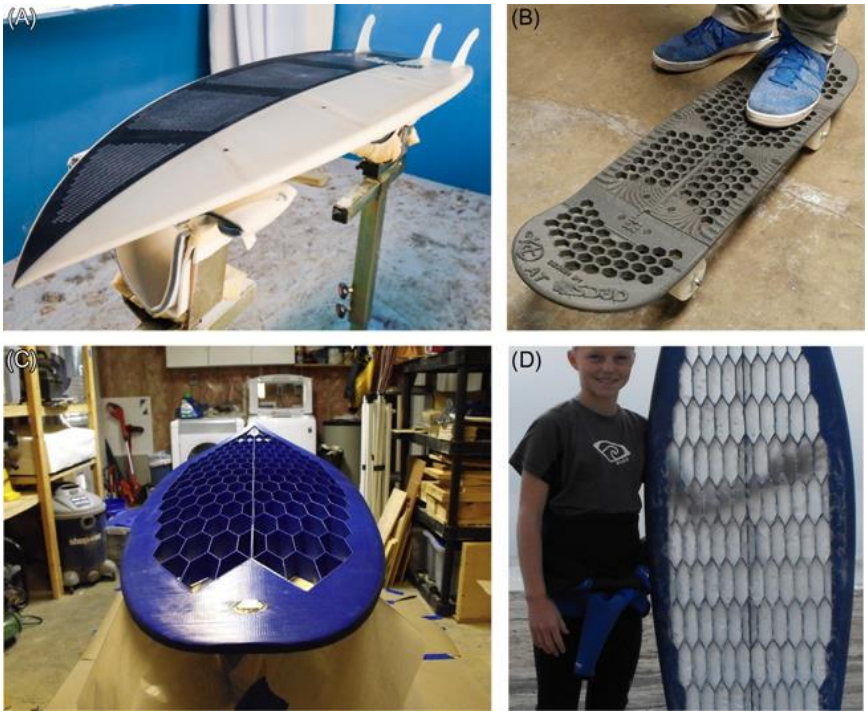

Рисунок 2. *Примеры напечатанных на 3D-принтере досок для серфинга и скейтборд [8]*

Исследователи из Университета Вуллонгонга (University of Wollongong) разработали материалы и технологию 3D-печати плавников для серфбордов, настраиваемых под индивидуальные потребности и стиль серфера, с учетом местоположения занятий серфингом.

Использование технологии трехмерного проектирования и печати позволило спрогнозировать и реализовать регулировку жесткости плавника, что улучшило скорость движения серфера во время соревнований и эффективность скольжения по волнам. Яркими примерами проявления преимуществ применения аддитивных технологий в производстве серфбордов являются изделия компаний Proto3000 и Red Bull (рис. 2), характеризующиеся повышенной скоростью и маневренностью, высоким качеством изготовления и надежностью. Аналогичные характеристики востребованы и в производстве скейтбордов, поскольку проектировщики нашли общие закономерности в решении креплений элементов конструкций для сноубордов и кейтбордов.

Чтобы подчеркнуть степень внедрения аддитивного производства в дизайн спортивного инвентаря, стоит упомянуть некоторые менее распространенные примеры. Так, титановые подковы для скаковых лошадей от бренда CSIRO обладают в два раза меньшим весом по сравнению с традиционными алюминиевыми подковами. Еще одним интересным примером являются индивидуальные спортивные очки и козырьки, созданные с использованием трехмерной печати. Additive technologies позволяют получить эксклюзивный дизайн и посадку очков и козырьков, ориентированный под индивидуальные потребности и предпочтения спортсменов, что обеспечивает комфорт и улучшенные условия во время тренировок и соревнований.

Таким образом, применение технологий трехмерной печати в производстве экипировки для спорта, позволяет получить персонифицированные изделия с заданными характеристиками, а аддитивность, при этом, становится инструментом достижения целей.

Перспективы внедрения аддитивных технологий в процесс производства защитной спортивной экипировки

В производстве защитной экипировки наиболее значима возможность персонификации изделий. Персонализации спортивных изделий существовала всегда, так, широко распространена регулировка жесткости теннисной ракетки. Но, с появлением технологии трехмерной печати, ориентация на потребности конечного пользователя стала более доступной опцией. Индивидуальные и предпочтительные корректировки изделий, реализуемые с помощью аддитивного производства, могут значительно повлиять на результаты спортивного мероприятия.

Например, высокий уровень защиты возможен благодаря антропометрической форме и размерному соответствию изделий экипировки. Поэтому производитель защитной спортивной экипировки Zweikampf, применяет 3D-печать для создания многофункциональных защитных наколенников (рис. 3 а) [8]. Другим успешным примером являются спортивные каппы (рис. 3 б) от компании GRiTT 3D, изготовленные с применением additive technologies. Трехмерная форма капп соответствует уникальной форме лица, благодаря чему спортсмен получает дополнительную защиту в критических точках.

Издательство «Мир науки» \ Publishing company «World of science» http://izd-mn.com

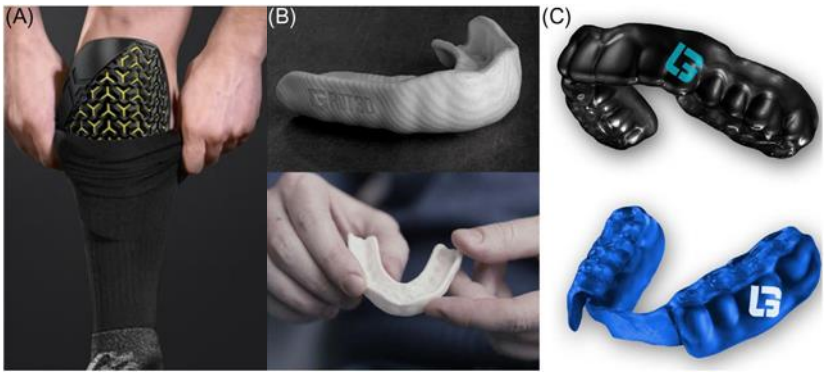

Рисунок 3. *Защитные элементы, выполненные на 3D-принтере: (a, b) наколенники Zweikampf; (c) защитные каппы [8]*

Компания Hydra-Guard сделала шаг вперед в использовании трехмерных технологий и добавила дополнительные функциональные возможности для своих капп — это интегрированная в структуру сжимаемая капсула, содержащая жидкость, увлажняющую полость рта спортсмена во время соревнований. Наиболее успешная коммерциализация 3D-напечатанных капов осуществлена компанией Guardlab, фирма является официальным представителем UFC и поставляет каппы для различных команд.

Исследованием установлено, что основным недостатком традиционного защитного снаряжения является дискомфорт спортсменов, вызванный плохой посадкой экипировки на участках защиты, что накладывает ограничение на движения тела. Важно отметить, что неподходящая амортизация приводит к смещению амортизирующего материала при ударе, что отрицательно сказывается на защитной функции изделий. Кроме физического дискомфорта, существует также проблема воспринимаемого человеком физиологического дискомфорта, который непосредственно связан с условиями окружающей среды, такими как влажность и температура, обостряющимися при физической активности спортсмена. Проблема защитных механизмов экипировки проявляется в неспособности изделий адаптироваться к системе терморегуляции организма человека. Установлено, что материалы для амортизирующих слоев, представлены полимерными пенами, что способствует формированию у спортсмена физического и теплового дискомфорта.

В настоящее время, как в научных кругах, так и в промышленности, развиваются исследования в направлении альтернативных решений амортизирующих слоев с использованием 3D-печати [9]. Одним из примеров является разработка новой амортизирующей пены с ячеистой структурой. В зависимости от потребности в открытых или закрытых ячейках, структура пены состоит из стенок и распорок, образующих изолированные ячейки газа (в случае закрытых ячеек) или только распорок (в случае открытых ячеек). Пена с открытыми порами поглощает энергию за счет деформации структуры и работы, выполняемой при выталкивании воздуха из ячеистой структуры, тогда как пенопласт с закрытыми порами поглощает энергию через деформацию стенок ячейки при изгибе и компрессии газа, запертого внутри. Основным преимуществом аддитивного производства решетчатых структур является возможность оптимизировать их производительность, или соотношение прочности к весу, путем изменения толщины стоек внутри решетки, или путем топологической реконфигурации решетчатых структур. Однако, существует и нерешенная пока проблема — масштабируемость, поскольку индивидуальные размеры клеток в 3D-напечатанных решетчатых структурах на несколько порядков больше, чем у пены. В отдельных случаях этот факт может накладывать существенное ограничение. Например, конструкции с закрытыми ячейками не могут быть изготовлены с использованием процесса SLS (селективного лазерного спекания), поскольку для удаления незатвердевшего материала требуются выходные отверстия, что приводит к

пудрообразному заполнению внутренних частей компонента. Из-за этой причины, в 3D-печатных решениях методом SLS всегда присутствует структура с открытыми ячейками.

В одной из работ в университете RMIT разработали напечатанный на 3D-принтере решетчатый амортизатор с использованием процесса 3D-печати PolyJet [10], который соответствует характеристикам традиционных пен при испытаниях в соответствии с EN1621 (Европейский стандарт защиты и безопасности).

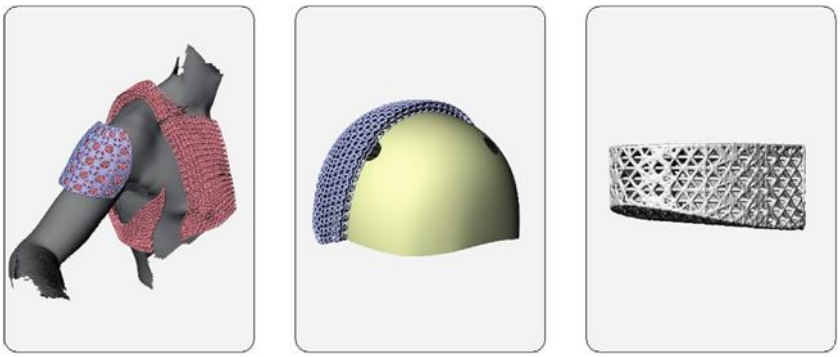

Рисунок 4. *Примеры 3D-напечатанных решетчатых амортизаторов [8]*

В процессе 3D-печати PolyJet выстраивает части изделия из фотополимерной смолы путем нанесения нескольких слоев смолы непосредственно на печатный лоток, что аналогично струйной печати, мелкие капли фотоотверждаемой жидкой смолы накладывают на строительную платформу с помощью печатающей головки с соплами. Нанесенные слои материала, который может быть очень тонким (около 15 мкм), одновременно затвердевают и фиксируются с помощью ультрафиолетового излучения. Накопление маленьких слоев на строительной платформе позволяет создавать точные 3D-детали. Печатающая головка перемещается горизонтально, а платформа поднимается вертикально, что позволяет правильно размещать капли полимера в любой точке заданного трехмерного пространства. В технологии 3D-печати PolyJet строительный материал (СМ) и материал поддержки (МП) имеют различные составы, поэтому МП может быть удален из детали или растворен водой, когда печать завершена. Строительный материал является фотополимером, а такие фотоотверждаемые материалы могут быть в различных вариациях, от гибких до жестких, от прозрачных до непрозрачных. В отличие от принтеров, которые не могут печатать более одного материала одновременно, принтеры PolyJet способны печатать несколько материалов одновременно, что дает возможность градировать показатель жесткости изделия и создавать слитные детали. Точный контроль во время печати над формой и свойствами материалов позволяет изменить такие характеристики, как гибкость, ударная прочность и растяжимость, в пределах одной детали. С помощью различных решеточных топологий [10] может быть получена искомая комбинация конструктивных параметров, соответствующая характеристикам традиционных (пенных) амортизаторов, используемых в защите спины мотоциклиста. В результате лабораторных испытаний установлено, что решетчатые структуры увеличивают преимущества защитных элементов, при этом изделиям можно придать более сложную форму, антропометрически соответствующую конфигурации тела человека. Способ, которым достигается подгонка, влияет на характеристики решетчатой структуры, поэтому любые возможные ухудшения ее характеристик должны быть учтены.

Выводы

Основными драйверами прогресса в результативности спортивных достижений являются производители спортивного инвентаря. Примечательной тенденцией текущего

периода является переход от традиционных технологий в производстве защитных экипировок к аддитивным продуктам.

Функционал современных 3D-принтеров обеспечивает надежность и качество печати, а новые полимерные материалы по своим свойствам приближаются к традиционным инженерным материалам, и в скором времени смогут конкурировать или даже превзойти их.

Преимуществом новейшего защитного снаряжения, выполненного с использованием технологии 3D-печати, является высокое антропометрическое соответствие формы изделия параметрам тела спортсмена, что минимизирует проявление дискомфорта, характерного для традиционного решения экипировки, а ячеистой структура оболочки повышает амортизирующие свойства.

Установлено, что проектирование персонализированной по форме защитной спортивной экипировки, изготовленной с использованием аддитивных технологий, представляет собой перспективное направление, которое может решить проблему неэффективного использования средств индивидуальной защиты, особенно в неконкурентных и социальных видах спортивной деятельности, повлиять на результаты спортивного мероприятия и на самоощущения спортсмена.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кайшева К.В. Современные направления научных исследований в сфере управления качеством спортивной одежды // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 4: Промышленные технологии. — 2022. — № 4. — С. 56–60. — DOI 10.46418/2619-0729_2022_4_11.
2. Музалевская, Ю.Е. Развитие костюма спортивного направления в XX–XXI веках / Евразийский союз ученых. — 2021. — № 3-4(84). — С. 12–17. — EDN PNOHYD.
3. Giudice J.S., W. Zeng, T. Wu, A. Alshareef D.F. at all. Panzer. An analytical review of the numerical methods used for finite element modeling of traumatic brain injury. Ann. Biomed. Eng. 47:1855–1872, 2019.
4. Гетманцева, В.В. Настоящее и будущее «умных» материалов и «умной» одежды / В.В. Гетманцева, М. С. Иванова // Все материалы. Энциклопедический справочник. — 2023. — № 8. — С. 37–43. — DOI 10.31044/1994-6260-2023-0-8-37-43.
5. Nam S., Baek I.S., Hillyer M.B., at all Thermosensitive textiles made from silver nanoparticle-filled brown cotton fibers, Nanoscale Adv., 2022, № 4, 3725–3736. DOI: 10.1039/D2NA00665K.
6. Ali Akbar Gharehaghaji Nanotechnology in Sport Clothing Materials in Sports Equipment, 2019, pp. 521–568 https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102582-6.00018-6.
7. Гетманцева, В.В. Современные тенденции в проектировании спортивной экипировки / В.В. Гетманцева, М.А. Гусева, Ю.Д. Шахматова// Костюмология. — 2023. — Т 8. — № 3. — RL: https://kostumologiya.ru/PDF/25TLKL323.pdf.
8. Kajtaz M., Subic A., Milan Brandt, Martin Leary // Chapter 5 — Three-Dimensional Printing of Sports Equipment. In Woodhead Publishing Series in Composites Science and Engineering. Materials in Sports Equipment (Second Edition). Woodhead Publishing. 2019. P. 161–198. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102582-6.00005-8.

9. Шахматова Ю.Д., Гетманцева В.В., Андреева Е.Г. Трехмерное проектирование как инновационный метод в легкой промышленности. // Инновации молодежной науки Материалы Всероссийской научной конференции молодых ученых. — 2018. — С. 308–309.

10. Gibson D.G., et al., “Creation of a Bacterial Cell Controlled by a Chemically Synthesized Genome”, Science, Vol. 329, No. 5987, 2010, pp. 52–56. doi: 10.1126/science.1190719.

Getmantseva Varvara Vladimirovna
Russian State University named A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art), Moscow, Russia
E-mail: getmantseva@inbox.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0441-3198
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=540375
WoS: https://www.webofscience.com/wos/author/rid/AAA-5313-2021
SCOPUS: https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=55155482100

Shakhmatova Yuliya Dmitrievna
Russian State University named A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art), Moscow, Russia
E-mail: a89672439908@mail.ru
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1073855

Guseva Marina Anatolievna
Russian State University named A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art), Moscow, Russia
E-mail: guseva_marina67@mail.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3491-6132
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=829347
SCOPUS: https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=57197843104

Additive technologies in the production of sports equipment

Abstract. The article discusses the use of additive technologies in the production of protective equipment for various sports. The main advantage of additive manufacturing is the use of new materials and advanced technical solutions in sports products, which affects the competitiveness of products and reduces production time. Based on the analysis of innovations in the technical equipment of production facilities of enterprises specializing in the manufacture of sports equipment, the authors conclude that the widespread introduction of additive technologies is relevant.

The insufficiency of the spread of additive technologies in the production of sports equipment is currently explained by the high specificity and exclusivity of the designed products. In modern sports, the difference between victory and defeat is measured in milliseconds, and often depends on the specifics of the athlete's equipment, so additive manufacturing will be actively implemented.

The article examines the experience of using additive technologies in the production of sports equipment, analyzes the impact of new technology on the quality and properties of the final product, the advantages and disadvantages of the approach under study. The analysis of the relevance and prospects for the development of additive technologies in sports equipment was carried out on the basis of a systematic review of scientific articles and publications. The authors summarized the global experience and features of manufacturing sports products using three-dimensional printing, analyzed the properties of the materials used, the qualitative characteristics of the final product and expert opinion on the functionality of sports equipment made by 3D printing.

It has been established that the production of personalized protective sports equipment made using additive technologies is a promising direction, the implementation of which is aimed at solving complex problems of the quality of personal protective equipment for athletes, which is especially important for non-competitive and social sports activities. The use of additive technologies in the design makes it possible to predict and adjust the characteristics of personalized sports products, which will allow you to purposefully influence the effectiveness of a sports event, as well as the comfort and self-perception of athletes.

Keywords: sports equipment; 3D printing; additive technologies; three-dimensional printing; sports training clothes; functional clothing; protective equipment